

**ANALISIS PEMBETULAN FAKTOR KUASA MENGGUNAKAN  
KAPASITOR BANK**

**GAN CHUN HSIANG**

Laporan projek ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat  
penanugerahan ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik.

**Fakulti Kejuruteraan Elektrik  
Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia**

**March 2005**


“Saya / kami akui bahawa saya telah membaca karya ini pada pandangan saya / kami karya ini adalah memadai dari skop dan kualiti untuk tujuan penanugerahan ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik ( Kuasa Industri).”

Tandatangan :..... *Hendra* .....

Nama Penyelia :..... *Hendra* .....

Tarikh :..... *10 03 05* .....

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya yang jelaskan sumbernya.”

Tandatangan :  .....

Nama Penulis : GAN CHUN HSIANG

Tarikh : 9 MARCH 2005

*Teristiwewa buat*

*Ibu, Abah dan Kakak yang dikasih dan disayangi*

*Rakan-rakan seperjuangan yang banyak membantu*

*Dan*

*Teman istimewa yang menjadi inspirasi....*

*Terima kasih atas sokongan dan dorongan yang diberikan....*

## PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia projek sarjana muda ini, En Mohd. Hendra Hairi atas segala bimbingan, tunjuk ajar dan pandangan sepanjang tempoh pelaksanaan tesis ini.

Tidak lupa juga kepada Dr. Alita Dewi, yang tidak jemu menghulurkan bantuan semasa saya menghadapi masalah dengan perisian ERACS. Beliau memberi panduan dan tunjuk ajar sepanjang tempoh pelaksanaan projek ini.

Tidak lupa kepada En Azlan TNBT (Melaka) dan En Mohd Seth bin Alias TNBD (Seremban), atas sokongan beliau dan sedikit tunjuk ajar, telah banyak menolong saya dalam pelaksanaan projek ini.

Tidak lupa juga kepada semua yang terlibat secara langsung atau tidak secara langsung membantu menjayakan projek sarjana muda ini.

## ABSTRAK

Pengguna tenaga elektrik bertambah begitu mendadak sekali sejajar dengan pembangunan negara kearah tuju negara perindustrian. Pengguna tenaga elektrik terbesar di Negara kita ialah sektor perindustrian. Dalam konteks ini, faktor kuasa pengguna memainkan peranan penting dalam menentukan penggunaan tenaga elektrik secara cekap. Apabila nilai faktor kuasa rendah maka arus yang diperlukan dari penjana lebih besar. Oleh itu, Tenaga Nasional Berhad (TNB) perlu menjana lebih banyak tenaga untuk memenuhi permintaan pengguna. Dengan ini, keseluruhan sistem kuasa tidak beroperasi dengan cekap kerana lebih banyak kehilangan kuasa dan kejatuhan voltan pada utiliti, kabel dan transformer. Oleh itu, TNB telah mensyaratkan 0.85 adalah faktor kuasa minimum bagi pengguna voltan rendah dan voltan sederhana manakala faktor kuasa 0.90 bagi pengguna voltan tinggi. Jika pengguna gagal mencapai had minimum tersebut maka penalti faktor kuasa akan dikenakan dalam bil bulanan. Oleh itu, pembetulan faktor kuasa kepada nilai yang disyaratkan oleh TNB perlu untuk mengurangkan pembaziran dari aspek tenaga dan ekonomi. Salah satu pilihan membuat pembetulan faktor kuasa ialah menggunakan kapasitor bank. Justeru itu, projek ini dijalankan untuk membuat analisis penjimatan tenaga dan ekonomi jika kapasitor bank digunakan untuk pembetulan faktor kuasa. Analisis dijalankan pada sistem kuasa TNB bagi sebahagian kecil kawasan perindustrian Nilai, Negeri Sembilan pada voltan talian 11Kv.

## ABSTRACT

The usage of electricity has increased dramatically parallel with the development of our country as an industrial country. The largest electric user is the industrial sector. In this context, the power factor of the users plays a major role in determining the efficient usage of electricity. When the power factor value is low, the current required from the generator is high. Therefore, Tenaga Nasional Berhad (TNB) must generate a large amount of electricity to meet the demand of users. In this case, the power system will be inefficient because there will be more losses of power and voltage drop at utilities, cable and transformers. Because of this, TNB has set a regulation that minimum power factor for low and medium voltages users is 0.85 and a high voltage user is 0.90. If the user fails to comply they will have to pay a power factor penalty along with their monthly bill. Therefore, power factor correction to the value required by TNB is important to reduce both energy and economic waste. One alternative way to perform power factor corrections is to use capacitor bank. This project is conducted in order to analyze the energy and economic savings if capacitor bank is used for power factor correction. The analysis was done on a small TNB power system of industrial area on Nilai, Negeri Sembilan with the line voltage at 11Kv.

## KANDUNGAN

BAB	PERKARA	HALAMAN
	PENGESAHAN PENYELIA	
	HALAMAN JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANGUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xii
	SENARAI SINGKATAN	xv
	SENARAI LAMPIRAN	xvi



BAB 1	PENGENALAN	1
1.1	Pengenalan Projek	1
1.2	Objektif Projek	4
1.3	Skop Projek	4
BAB 2	TEORI DAN KONSEP ASAS	5
2.1	Pengenalan sistem Kuasa	5
2.1.1	Kuasa Aktif	6
2.1.2	Kuasa Reaktif	6
2.1.3	Kuasa Ketara	6
2.2	Jenis-jenis Beban	7
2.2.1	Perintang	7
2.2.2	Peraruh (inductor)	7
2.2.3	Pemuat (kapasitor)	8
2.2.4	Beban RLC	8
2.3	Faktor kuasa	9
2.3.1	Faktor Kuasa Mendulu dan Mengekor	11
2.4	Pengukuran Meter “ Large Power”	12
2.4.1	Komponen Bil PLC	12
2.4.2	Penggunaan Pengubah Arus (CT) dan pengubah beza	12
2.4.3	Pemasangan Meter	13
2.5	Analisis Kuasa	13
2.5.1	Jenis-jenis bas	13
2.5.1.1	Slack Bas	14
2.5.1.2	Voltage Control Bas	15
2.5.1.3	Load Bas	15

<b>BAB 3</b>	<b>PEMBETULAN FAKTOR KUASA</b>	<b>16</b>
3.1	Pengenalan	16
3.2	Kaedah Pembetulan faktor kuasa	17
3.2.1	Kapasitor statik	17
3.2.2	Motor segerak	18
3.3	kapasitor bank	18
3.3.1	Definisi	19
3.3.2	Peranan Kapasitor Bank	19
3.3.3	Jenis sambungan Kapasitor bank	20
3.3.4	Sistem Perlindungan pada kapasitor bank	21
3.3.4.1	Perlindungan Menggunakan Fius	22
3.3.4.2	Pelindungan menggunakan Geganti dan pemutus litar	22
3.4	Pembetulan faktor kuasa	23
3.5	Faedah Pembetulan	25
3.5.1	Megurangkan magnitud arus talian	25
3.5.2	Mengurangkan kehilangan kuasa dalam sistem	25
3.5.3	Mengurangkan Penjanaan kuasa Dan menambah kapasiti sistem	26
3.5.4	Memperbaiki Operasi Sistem	27
3.5.5	Mengurangkan Jumlah Bil	27
<b>BAB 4</b>	<b>PERISIAN ERACS –POWER SISTEM ANALISIS SOFTWARE</b>	<b>29</b>
4.1	Pengenalan	29
4.2	Memulakan Perisian ERACS	30
4.3	Merekabentuk Sistem ERACS	35
4.4	Simulasi ERACS sistem	40
4.5	Memaparkan Data masukan dan keluaran	42

BAB 5	ANALISIS DATA	45
5.1	Pengenalan	45
5.2	Analisis Data secara Pengiraan Manual (Matlab)	46
5.3	Analisis data secara Pengisian ERACS	46
5.4	Pengiraan Analisis Penjimatan Ekonomi.	48
5.4.1	Sebelum pembedulan faktor kuasa	49
5.4.2	Selepas pembedulan faktor kuasa	50
5.5	Sistem Kuasa TNB	51
5.6	Analisis Penjimatan Tenaga	51
5.7	Analisis Penjimatan	53
BAB 6	CADANGAN DAN KESIMPULAN	54
6.1	Cadangan	54
6.2	Kesimpulan	55
	RUJUKAN	57
	LAMPIRAN A-HI	59-100

## SENARAI JADUAL

NO.JADUAL	TAJUK	HALAMAN
1.1	Jumlah penggunaan tenaga elektrik di Malaysia Pada tahun 2004.	2
2.1	Faktor Kuasa bagi beban dan penjana	11
2.2	Ciri-ciri penting pada 3 jenis bas dalam Sistem kuasa.	14
3.1	Perubahan nilai kuasa aktif dengan pertambahan Faktor kuasa.	26
5.1	Perbandingan antara pengiraan Matlab dengan Simulasi ERACS.	47
5.2	Menunjukkan kuasa pada beban-0021 sebelum Dan selepas pembetulan faktor kuasa.	48

## SENARAI RAJAH

NO	TAJUK	HALAMAN
1.1	Carta pai diatas menunjukkan jumlah penggunaan tenaga elektrik di Malaysia pada tahun 2004.	2
2.1	Segitiga Kuasa	6
2.2	Rajah pemfasa bagi perintang	7
2.3	Rajah pemfasa bagi induktif.	7
2.4	Rajah pemfasa bagi kapasitor	8
2.5	Arus mendulu voltan (beban induktif)	8
2.6	Arus mengekor voltan (beban kapasitif)	9
2.7(a)	Faktor kuasa mengekor	9
2.7(b)	Faktor kuasa mendulu	9
2.7	Hubungan faktor kuasa dalam litar arus ulang-alik	10
3.1	Menunjukkan kapasitor statik	17
3.2	Gambarajah Pemfasa voltan pada faktor kuasa mengekor tanpa kapasitor bank	20
3.3	Gambarajah pemfasa voltan pada faktor kuasa mengekor dengan kapasitor Bank	20
3.4	Menunjukkan fius untuk melindungi kapasitor bank	22
3.5	Menunjukkan geganti SEL-351	23
3.6(a)	Tanpa kapsitor bank (sebelum pembedulan faktor kuasa)	23
3.6(b)	Dengan kapasitor bank (selepas pembedulan faktor kuasa)	24
3.6(c)	Pengiraan pembedulan faktor kuasa	



	menggunakan segitiga kuasa	24
3.6	Pembetulan faktor kuasa menggunakan kapasitor Bank	24
4.1	Memulakan Perisian ERACS	30
4.2	Membuka Network Properties yang baru dan isikan network properties	31
4.3	Mengisikan ruang data state information	31
4.4	Menentukan had maksimum dan minimum bagi kajian ini.	32
4.5	Menunjukkan nilai-nilai komponen	32
4.6	Tentukan library dari ERACS sistem.	33
4.7	Menunjukkan pemilihan library dari ERACS	34
4.8	Menunjukkan komponen-komponen yang terdapat dalam ERACS	34
4.9	Menunjukkan maklumat tentang Busbar.	35
4.10	Menunjukkan sebuah busbar telah dicipta.	35
4.11	Menunjukkan maklumat Grip	36
4.12	Menunjukkan sambungan antara busbar dengan Grip.	36
4.13	Menunjukkan maklumat tentang Busbar 132Kv.	37
4.14	Menunjukkan Busbar 132Kv	37
4.15	Menunjukkan maklumat tentang transformer.	38
4.16	Menunjukkan sambungan transformer dengan busbar	39
4.17	Menunjukkan maklumat tentang kabel	39
4.18	Menunjukkan sambungan kabel dengan busbar.	40
4.19	Menunjukkan data-data tentang beban	40
4.20	Menunjukkan litar yang sebelum pembetulan faktor kuasa	41
4.21	Menunjukkan paparan kesimpulan dari simulasi tersebut	42
4.22	Menunjukkan keputusan daripada simulasi	

	ERACS	42
4.23	Menunjukkan litar yang telah ditambah dengan kapasitor	43
4.24	Menunjukkan keputusan setelah ditambah dengan kapasitor	44
5.1	Menunjukkan tanpa kapasitor	48
5.2	Menunjukkan dengan Kapasitor	48

## SENARAI SINGKATAN

I	-	Arus
A	-	Ampere
V	-	Voltan
P	-	Kuasa aktif
Q	-	Kuasa reaktif
S	-	Kuasa ketara
R	-	Rintangan atau Perintang
L	-	Induktor
C	-	Kapasitor
X	-	Regangan
Z	-	Galangan
kW	-	kilo-Watt
kVAR	-	kilo-Volt-Ampere-Reaktif
kVA	-	kilo-Volt-Ampere
fk	-	Faktor kuasa
$\theta$	-	sudut
kWj	-	kilo-Watt jam
kVARJ	-	kilo-Volt-Ampere-Reaktif jam
TNB	-	Tenaga Nasional Berhad
LPC	-	Low Power Customer



## SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	HALAMAN
A	Aturcara sebelum dan selepas pembetulan faktor kuasa	59
B	Sistem sebelum dan selepas pembetulan faktor kuasa (ERACS)	65
C1	Data masukan sebelum pembetulan faktor kuasa bagi TNB sistem	74
C2	Data masukan selepas pembetulan faktor kuasa bagi TNB sistem	75
D1	Data keluaran sebelum pembetulan faktor kuasa bagi TNB sistem	76
D2	Data keluaran selepas pembetulan faktor kuasa bagi TNB sistem	79
E1	Sistem TNB sebelum pembetulan faktor kuasa	83
E2	Sistem TNB selepas pembetulan faktor kuasa	86
F1	Perubahan Nilai Faktor kuasa	90
F2	Pengurangan kejatuhan Voltan	91
G1	Saiz dan kos kapasitor bank	92
G2	Anggaran perbalanjaan bil bulanan dan tahunan	93
G3	Pengurangan bil tahunan dan tempoh pulangan Modal	95
H1	Tariff	96

## BAB 1

### PENGENALAN

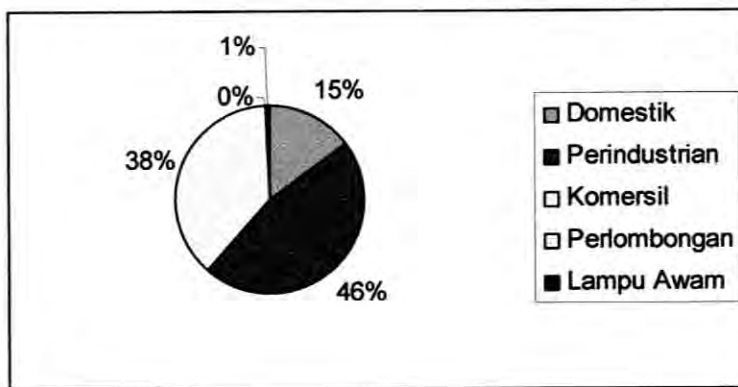
#### 1.1 Pengenalan Projek

Pembangunan Malaysia pada masa kini telah membangun dengan pesat sejajar dengan ekonominya yang berkembang sesuai dengan arah tuju Negara perindustrian, justeru itu permintaan terhadap tenaga elektrik begitu mendadak sekali. Tenaga Nasional Berhad (TNB) merupakan pembekal sumber tenaga elektrik yang utama di Malaysia. Oleh itu, sistem kuasa ini berperanan penting untuk membekalkan tenaga elektrik kepada pengguna. Sistem kuasa ini terdiri daripada 3 sistem utama, iaitu penjanaan, penghantaran dan pengagihan. Bekalan kuasa kepada pengguna adalah berdasarkan kepada kehendak maksimum.

Perangkaan TNB sehingga tahun 2004 menunjukkan penggunaan tenaga elektrik terbesar adalah dari sektor perindustrian dan perdagangan. Perangkaan penggunaan tenaga elektrik mengikut jenis pengguna yang ditunjukkan seperti dibawah:[1]

Jadual 1.1 Jumlah penggunaan tenaga elektrik di Malaysia pada tahun 2004

Jenis Pengguna	Jumlah Penggunaan(GWj)	Peratusan(%)
Domestik	9632.8	17.64
Perindustrian	30201.6	53.4
Komersil	24265.5	28.11
Perlombongan	78.9	0.15
Lampu Awam	423.4	0.17



Rajah 1.1 Carta pai diatas menunjukkan jumlah penggunaan tenaga elektrik di Malaysia pada tahun 2004

Jumlah permintaan tenaga yang semakin meningkat disebabkan oleh pertambahan penduduk dan kegiatan ekonomi memerlukan suatu pengurusan tenaga bagi memastikan bekalan dapat digunakan dengan cekap dan berkesan. TNB sebagai pembekal utama tenaga elektrik di Malaysia telah memperkenalkan beberapa langkah bagi mengurangkan pembaziran tenaga. Antaranya ialah menggalakkan pengguna-pengguna kuasa besar seperti sektor perindustrian memindahkan sebahagian permintaan puncak kepada masa luar dan memperkenalkan skim diskaun bagi menggunakannya pada waktu puncak.



Dalam sektor perindustrian, tenaga elektrik berperanan penting untuk menggerakkan beban seperti motor arus ulang-alik (motor AC) supaya mesin-mesin dapat berfungsi dengan sempurna. Motor AC adalah jenis yang bersifat induktif, maka faktor kuasa mengekor yang rendah akan terhasil. Walaupun mereka tahu akibatnya dalam sistem kuasa tetapi masih terdapat pengguna dalam sektor perindustrian yang tidak mengambil berat tentang nilai faktor kuasa yang rendah. Bagi sektor perdagangan pula, terutama perdagangan voltan rendah yang kebanyakannya melibatkan jabatan kerajaan, bank dan kedai, mereka tidak tahu langsung tentang faktor kuasa. Oleh itu, antara usaha yang dijalankan oleh pihak TNB ialah meningkatkan kesedaran para pengguna tentang kepentingan faktor kuasa ialah mengenakan penalti mengikut kadar tertentu dalam bil bulanan jika nilai faktor kuasa tidak mencapai had yang ditetapkan.

Nilai faktor kuasa yang rendah menunjukkan bahawa tenaga yang perlu dibekalkan bertambah. Ini menunjukkan sistem kuasa tidak beroperasi dengan cekap dan berlaku pembaziran tenaga akibat penggunaan tenaga yang tidak cekap dan berkesan oleh pengguna. Oleh itu, pembetulan faktor kuasa perlu dilakukan untuk memastikan nilainya mencapai had yang ditetapkan oleh pihak TNB. Dengan ini, kecekapan suatu sistem kuasa dapat ditingkatkan dan tenaga yang dibekalkan adalah optimum dan ekonomi. Selain daripada itu, pengguna juga dapat mengurangkan jumlah pembayaran bil tahunan.[1]

Projek bertajuk "Analisis Pembetulan Faktor Kuasa Menggunakan Kapasitor Bank" ini secara keseluruhannya adalah menganalisis dan mengenalpasti kelebihan dari segi penjimatan tenaga dan ekonomi faktor kuasa yang tinggi. Data-data yang saya perolehi adalah daripada TNBD Seremban, Seperti yang terdapat di lampiran E1 dan lampiran E2. Perisian yang digunakan untuk menganalisis ialah sistem ERACS.

## 1.2 Objektif Projek

Projek ini dijalankan adalah untuk tujuan berikut:

1. Menganalisis dan mengenalpasti kelebihan faktor kuasa yang tinggi.
2. Membuktikan bahawa penjimatan dari segi tenaga elektrik dan ekonomi dapat dicapai melalui pembedahan faktor kuasa.
3. Menganalisis faedah-feadah pembedahan faktor kuasa kepada pengguna dan pihak Tenaga Nasional Berhad (TNB).

## 1.3 Skop Projek

Analisis pembedahan faktor kuasa menggunakan kapasitor bank di sebahagian kecil kawasan perindustrian Nilai, Negeri Sembilan pada voltan talian 11Kv. Seperti yang terdapat di lampiran D1 dan lampiran D2.

## BAB 2

### TEORI DAN KONSEP ASAS

#### 2.1 Pengenalan Sistem Kuasa

Peranan utama sistem kuasa ialah membekalkan tenaga elektrik kepada pengguna dengan cekap. Tenaga elektrik yang dibekalkan dan kemudiannya digunakan oleh pengguna dipanggil beban. Terdapat dua komponen kuasa yang diperlukan dalam proses penghantaran tenaga elektrik melalui suatu sistem kuasa kepada pengguna, iaitu kuasa aktif dan kuasa reaktif.[2]

##### 2.1.1 Kuasa Aktif

Kuasa aktif atau juga dipanggil kuasa sah diukur dalam unit KW. Ia merupakan komponen kuasa yang digunakan untuk melakukan kerja seperti mengerakkan motor, menghidupkan lampu dan alat-alat lain. Persamaan kuasa aktif adalah seperti berikut:

$$P = V * I_R \text{ COS } \theta \quad (1.1)$$

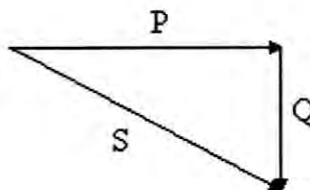
### 2.1.2 Kuasa Reaktif

Kuasa reaktif diukur dalam unit kVAR. Arus dalam komponen kuasa ini diperlukan untuk mengaruhkan teras besi pada motor, penjana dan pengubah. Ia juga menghasilkan medan magnet di keliling pengalir. Persamaan kuasa reaktif ialah:

$$Q = V * IX = VI \sin \theta \quad (1.2)$$

### 2.1.3 Kuasa Ketara

Kuasa ketara adalah jumlah kuasa yang dibekalkan dalam suatu sistem kuasa, iaitu jumlah vektor kuasa aktif. Kuasa ketara diukur dalam unit kVA.



Rajah 2.1: Segitiga Kuasa.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1.3)$$

$$S = \sqrt{(VI \cos \theta)^2 + (VI \sin \theta)^2} \quad (1.4)$$

$$S = VI \quad (1.5)$$

## 2.2 Jenis-jenis Beban

### 2.2.1 Perintang

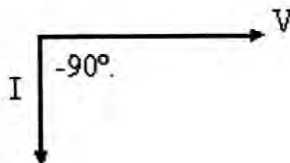
Perintang merupakan beban yang berintangian tulen. Arus yang mengalir dalam perintang adalah sefasa dengan voltan yang merintanginya. Contohnya beban ini ialah pemanas elektrik dan lampu pijar.[3]



Rajah 2.2: Rajah pemfasa bagi perintang

### 2.2.2 Peraruh (Induktif)

Induktor bersifat induktif tulen dan arus yang mengalir dalam induktif mengekor voltan yang melintanginya sebanyak  $90^\circ$ . [3]



Rajah 2.3: Rajah pemfasa bagi induktif.